

СПОСОБ САМОНАСТРАИВАЮЩЕГОСЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВКЛЮЧЕНИЯ РЕЗЕРВНОГО ПИТАНИЯ НАГРУЗКИ С СИНХРОННЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

В.В. Курганов, Ю.В. Крышнев

Гомельский политехнический институт им. П.О. Сухого, Беларусь

Одной из актуальных проблем промышленной электроэнергетики является обеспечение динамической устойчивости узла нагрузки с синхронными электродвигателями при кратковременных (доли секунды) нарушениях электроснабжения во избежание срывов сложных технологических процессов.

Принцип действия устройства быстродействующего автоматического ввода резервного питания (*БАВР*) основан на измерении скорости снижения частоты напряжения выбегающих двигателей и угла рассогласования векторов ЭДС двигателей и напряжения сети. Устройство *БАВР* может работать в двух режимах: в режиме опережающего быстродействующего *АВР* (*ОАВР*), когда включение контактов секционного выключателя происходит в начале выбега двигателя и в режиме синфазного *АВР* (*САВР*), когда это осуществляется при углах рассогласования, равных 2π (*САВР* 1-го порядка - *САВР1*) или 4π (*САВР* 2-го порядка - *САВР2*). Выходные контакты блока при синфазном *АВР* во всех случаях замыкаются с упреждением, равным временному промежутку до момента синфазной сходимости векторов при первом или втором про-

воротах ротора. Режимы работы устройство *БАВР* выбирает автоматически в зависимости от начального угла выбега синхронных электродвигателей δ_n и исходя из анализа времени срабатывания конкретных коммутационных аппаратов, непосредственно включающих резервное питание. На рис.1 представлена структурная схема, иллюстрирующая указанный способ самонастраивающегося *АВР*. Две секции шин, объединенные нормально отключенным

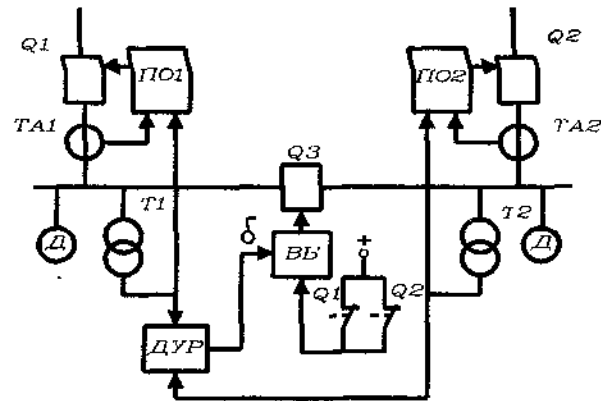


Рис. 1. Структурная схема самонастраивающегося *АВР*

секционным выключателем $Q3$, питаются через вводные выключатели $Q1$ и $Q2$ от двух независимых линий. К секциям шин подключена комплексная нагрузка (на рис.1 условно показанная эквивалентным двигателем D), состоящая из промышленной нагрузки и высоковольтных асинхронных и синхронных двигателей. К шинам через измерительные трансформаторы напряжения $T1$ и $T2$, а также трансформаторы тока $TA1$, $TA2$ подключены следующие блоки: $ПО1$, $ПО2$ - пусковые органы устройства *БАВР*, управляющие отключающими механизмами выключателей; $ДУР$ - датчик угла рассогласования (δ) векторов напряжений двух секций шин; $ВБ$ - вычислительный блок, выход которого через промежуточное реле соединен с механизмом включения секционного выключателя. При повреждении одного из источников основного питания он отключается с помощью пускового органа. По сигналу отключения выключателя основного питания с помощью $ВБ$ в течение двух периодов промышленной частоты измеряется начальный угол δ между векторами напряжений основного и резервного питания, а также динамика его изменения. Затем по определенному алгоритму в темпе процесса прогнозируется располагаемое время, в течение которого угол δ достигнет значений $\pi/2$, $2\pi \pm \pi/2$, $4\pi \pm \pi/2$ с учетом характеристик моментов сопротивления приводных механизмов двигателей. Располагаемое время сравнивается с собственным временем включения секционного выключателя и с среднеквадратичным отклонением этого времени. Выбирается и осуществляется оптимальный вариант подачи резервного питания для данного в этот момент состава выбегающих двигателей, т.е. до 1-ой противофазы, после 1-го или 2-го проворотов ротора эквивалентного двигателя, или запрещается *БАВР* и разрешается работа штатного *АВР*.

Располагаемое время от начала выбега до момента разрешенной подачи резервного питания для *ОАВР* определяется по выражению:

$$tp = \sqrt{\frac{0.5 - T_n \cdot 10^{-4}}{\varepsilon}}, \quad (1)$$

где T_n - время, соответствующее начальному углу выбега δ_n эквивалентного *СД*; ε - скорость снижения частоты ЭДС эквивалентного *СД* при выбеге.

Возможность осуществления *ОАВР* проверяется по условию:

$$t_p \geq t_v + \sigma + t_m, \quad (2),$$

где t_v и σ - соответственно время включения секционного выключателя и его разброс; t_m - машинное время, включающее время измерения ε , δ и время вычисления t_p .

Если данное условие не выполняется, то проверяется возможность осуществления *САВР*. Для этого вычисляется максимальное, минимальное и среднее располагаемое время, учитывая допустимость отклонения от синфазности угла рассогласования δ на величину $\pm 90^\circ$ и рассчитывается время задержки по формуле:

$$t_z = t_{p_{cp}} - (t_v + t_m), \quad (3),$$

где $t_{p_{cp}}$ - среднее располагаемое время (равно среднему арифметическому максимального и минимального времени).

В случае, если $t_z \geq 0$, по истечении временной задержки, равной t_z , выдается команда на включение резервного источника. При этом вначале проверяется *САВР* 1-го порядка и, если проверяемые условия не выполняются, то проверяется *САВР* 2-го порядка.

Оптимальным вариантом реализации описанного алгоритма явилось использование в качестве вычислительного блока (*ВБ* на рис. 1) однокристалльной микроЭВМ *80C51*, которая: 1) в темпе процесса измеряет за 2 периода промышленной частоты скорость снижения частоты ЭДС ε и угол рассогласования δ ; 2) вычисляет располагаемое время t_p до момента подачи резервного питания и прогнозирует возможность осуществления *ОАВР*, либо *САВР1*, либо *САВР2*; 3) выдает управляющее воздействие на коммутационные аппараты с задержкой, обеспечивающей динамическую устойчивость эквивалентного синхронного двигателя при переключении его на резервный источник.

Спроектированное устройство *БАВР* было комплексно испытано 12-13 июня 1997 на Белорусском газоперерабатывающем заводе. В ходе испытаний вся ответственная нагрузка завода, в том числе и

высоковольтный синхронный двигатель *СД2*, получала питание от 1-ой секции шин 6 КВ. Ко 2-ой секции шин 6 КВ был подключен синхронный двигатель *СД1* (мощностью 3700 КВт) газокomppressorного агрегата, работающего на замкнутый контур. Один из опытов иллюстрирует осциллограмма, представленная на рис.2. Опыт показал, что время выбега *СД1* до 1-го проворота ротора относительно вектора напряжения сети составило 0.59 с. Секционный выключатель включился в момент точного совпадения векторов ЭДС двигателя и напряжения сети (*САВР*); ток включения достиг за время 0.1 с. максимального значения, не превышающего 3,51

Выходные контакты блока *БАВР*

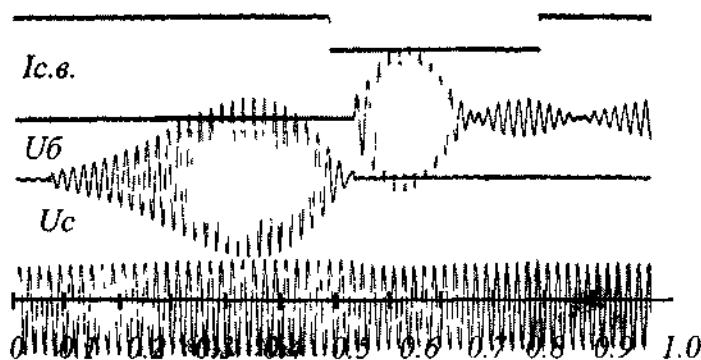


Рис.2. Осциллограмма испытания устройства *БАВР* на БГПЗ. Условно обозначены: $I_{с.в.}$ - ток секционного выключателя; U_b - напряжение биения (разность напряжений одноименных фаз 1-ой и 2-ой секций шин 6 КВ); U_c - напряжение на 2-ой секции шин 6 КВ.

СД; время втягивания двигателя в синхронизм составило 0.24 с. Результаты экспериментов подтвердили высокую эффективность разработанного устройства *БАВР* на предприятии с непрерывным технологическим процессом.